УДК 378.147:004.93’14

А.С. Барашко, Е.В. Волченко, Е.П. Юдицкая
Институт информатики и искусственного интеллекта
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина
Украина, 83050, г. Донецк, ул. Б. Хмельницкого, 84, *LM@mail.promtele.com, elena_yuditskaya@mail.ru*

Построение модели обучаемого на основе графа дисциплин для интеллектуального управления процессом обучения

A.S. Barashko, E.V. Volchenko, E.P. Yuditskaya
Institute of Informatics and Artificial Intelligence
of Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine
Ukraine, 83050, c. Donetsk, B. Khmelnitskiy st., 84

Educant Model Building on the Basis of the Graph of Disciplines for Intellectual Learning Management

А.С. Барашко, О.В. Волченко, О.П. Юдицька
Інститут інформатики і штучного інтелекту
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк, Україна
Україна, 83050, м. Донецьк, пр. Б. Хмельницького, 84

Побудова моделі учня на основі графа дисциплін для інтелектуального управління процесом навчання

В работе рассмотрена методика построения модели обучаемого, состоящей из множества объективных и субъективных параметров. Предложен алгоритм вычисления значений субъективных параметров модели на основе рейтинга преподавателей методом групповых экспертных оценок. Предложен метод расчета объективных параметров модели на основе графа дисциплин как интегральных характеристик множества взаимосвязанных дисциплин учебного плана. Эффективность предложенной методики подтверждена на примере решения задачи формирования проектных групп.
Ключевые слова: модель обучаемого, граф дисциплин, экспертные оценки.

In the work, technics for educant model building, which consists of objective and subjective parameters, is considered. The algorithm for calculation of subjective parameters values based on the rating of teachers by the method of group expert assessment is offered. The method for calculation of objective parameters values based on the graph of disciplines, such as integral descriptions of great number of interrelated disciplines of curriculum, is proposed. Efficiency of the offered technics is proved by solving the problem of alignment of project groups.
Key words: educant model, graph of disciplines, group expert assessment.

У роботі розглянуто методику побудови моделі учня, що складається з множини об’єктивних і суб’єктивних параметрів. Запропоновано алгоритм обчислення значень суб’єктивних параметрів моделі на основі методу групових експертних оцінок по рейтингу викладачів-експертів. Запропоновано метод розрахунку об’єктивних параметрів моделі на основі графа дисциплін як інтегральних характеристик множини взаємозв’язаних дисциплін учбового плану. Ефективність запропонованої методики підтверджено при вирішенні задачі формування проектних груп.
Ключові слова: модель учня, граф дисциплін, експертні оцінки

Введение

В современном обществе одним из важнейших вопросов является вопрос повышения эффективности обучения, а особенно эффективности высшего образования. В ус-

ловиях перехода системы высшего образования Украины на Европейскую систему передачи и накопления кредитов (European Credit Transfer and Accumulation System, далее – ECTS) основным способом повышения эффективности обучения является смещение акцента на самостоятельную и индивидуально-консультативную работу со студентами, т.е. индивидуализацию обучения [1].

Под индивидуализированным обучением принято понимать систему многоуровневой подготовки обучаемых, направленную на максимальное раскрытие их способностей и учитывающую их индивидуальные особенности [2]. Индивидуализация обучения осуществляется отбором учебного материала, который может корректироваться и синтезироваться для индивидуальных программ и учебных курсов, а также развитием исследовательской деятельности обучаемых. Реализация индивидуализированного обучения невозможна без применения современных компьютерных информационных систем и технологий. Таким образом, успешная реализация индивидуализированного обучения зависит от трех составляющих [3]:

1) обучаемого (его базовых знаний и умений, скорости усвоения и забывания материала, способности к логическому и образному мышлению, уровня притязаний и др.);

2) базы знаний соответствующей предметной области (учебного курса, множества взаимосвязанных учебных дисциплин);

3) системы управления обучением, позволяющей организовать и адаптировать процесс обучения к особенностям обучаемого.

Работа системы управления обучением заключается в организации перехода обучаемого от одной дисциплины (раздела курса, учебного элемента) к другой при успешном усвоении предыдущей. Именно поэтому для представления предметной области используется графовая модель, в которой каждому учебному элементу соответствует вершина ориентированного графа обучения, а дуги определяют взаимосвязь элементов [4]. Для систем, в которых учебными элементами являются отдельные дисциплины, используется граф дисциплин, представляющий собой модель учебного плана специальности [5]. Вершинами графа дисциплин являются изучаемые дисциплины, а дуги характеризуют их взаимосвязь: ребро, направленное от вершины А к вершине В говорит о том, что дисциплина В должна быть изучена позднее дисциплины А. Для повышения информативности граф дисциплин представляют в ярусно-параллельной форме, причем номер яруса соответствует номеру семестра, в котором изучается дисциплина.

Под моделью обучаемого понимают знания об обучаемом, используемые для организации процесса обучения. Знания об обучаемом представляют собой множество точно представленных фактов, описывающих различные стороны состояния обучаемого: знания, личностные характеристики, профессиональные качества и др., которые могут дополняться (корректироваться) во время обучения [6].

Большинство моделей обучаемого, используемых в адаптивных обучающих системах, включают в себя данные об умениях и навыках обучаемых по конкретным учебным элементам, необходимым для достижения ранее определенной цели [7]. Эти данные представляют собой результаты начального, промежуточного и итогового контроля знаний по отдельным элементам [8]. Такой способ расчета параметров, на наш взгляд, является не достаточно объективным, поскольку результаты изучения каждого нового учебного элемента существенно зависят от знаний, полученных от ранее изученных элементов. Решением данной проблемы является расчет интегральных параметров обучаемого на основе данных о результатах изучения множества логически связанных учебных элементов. Для более полного описания обучаемого также должны быть рассчитаны личностные характеристики, оказывающие существенное влияние на процесс управления обучением (скорость обучения, объем предоставляемого теоретического материала и т.д.).

Целью работы является построение модели обучаемого, содержащей субъективные и объективные параметры на основе графа дисциплин.

Постановка задачи

В данной работе рассматривается модель обучаемого, состоящая из множества субъективных и объективных параметров

$$MO = \{SP, OP\},$$

где $SP = \{s_1, s_2, \ldots, s_k\}$ – численные значения объективных параметров;

$OP = \{o_1, o_2, \ldots, o_m\}$ – численные значения субъективных параметров.

Учебный план представляется в виде взвешенного ориентированного ациклического графа $G(V, E)$, где $V = \{V_1, \ldots, V_n\}$ – множество вершин графа, соответствующих учебным дисциплинам, E – множество дуг, представленное списком упорядоченных пар элементов (v, w) из V с начальной вершиной v и конечной w. Каждой вершине V_i ставится в соответствие неотрицательное число m_i, называемое весом вершины и соответствующее оценке обучаемого по i-й дисциплине.

Необходимо определить значения объективных параметров SP на основе графа дисциплин G и субъективных параметров OP по результатам оценивания личностных характеристик обучаемого.

Формирование субъективных параметров обучаемого

В качестве субъективных параметров, следуя работам [6], [8], предлагается использовать психологические и психофизические особенности личности: работоспособность, способность к восприятию информации, усидчивость, утомляемость, активность, внимание. Выбор данного множества субъективных параметров модели, на наш взгляд, позволяет достаточно полно оценить личностные характеристики обучаемого, имеющие наибольшее влияние на процесс обучения.

Формирование численных значений субъективных параметров предлагается выполнять с использованием метода групповых экспертных оценок [9] на основании результатов оценивания обучаемых экспертами – преподавателями.

Процесс расчета численных значений субъективных параметров состоит в выполнении следующих шагов.

1. Эксперты оценивают обучаемого по десятибалльной шкале по каждому из субъективных параметров.

2. Рассчитывается рейтинг каждого эксперта – преподавателя по следующим правилам:

a) если преподаватель в течение семестра проводит только лекции, то он получает весовой коэффициент 1;

b) если преподаватель проводит лабораторные (практические) занятия в семестре, то он получает рейтинг 2;

c) если преподаватель проводит и лекции, и лабораторные (практические занятия), то он получает весовой коэффициент 3;

d) если в одном семестре преподаватель читает учащемуся несколько дисциплин, то рейтинг за семестр вычисляется как сумма рейтингов по всем таким дисциплинам;

e) окончательный рейтинг эксперта определяется как сумма рейтингов за все семестры обучения;

f) если преподаватель не проводил занятия ни в одном семестре, то он получает рейтинг 0.

3. Рассчитываются значения субъективных параметров обучаемого с учетом рейтинга экспертов

$$s_i = \frac{\sum_{k=1}^{n}\left(s_{i,k} \cdot \sum_{m=1}^{r} e_{k,m}\right)}{\sum_{k=1}^{n}\sum_{m=1}^{r} e_{k,m}},$$

где $p_{i,k}$ – оценка k-го эксперта по i-тому параметру;

$e_{k,m}$ – весовой коэффициент k-го эксперта за m-й семестр обучения;

n – количество экспертов;

r – количество семестров обучения (r = 8 для образовательно-квалификационного уровня «бакалавр»).

В результате будет получено множество SP субъективных параметров обучаемого.

Формирование объективных параметров обучаемого на основе графа дисциплин

Объективные параметры OP характеризуют обучаемого на основе данных о его успеваемости по отдельным учебным элементам. По результатам анализа факторов, характеризующих успеваемость обучаемого за весь период обучения, в качестве объективных параметров были выделены следующие группы характеристик:

1) знания, которые имеет обучаемый на момент поступления в ВУЗ:

– уровень базовых знаний (средний балл аттестата или диплома о среднем специальном образовании);

– оценка по информатике;

– среднее количество баллов по результатам внешнего независимого тестирования;

2) успеваемость обучаемого в ВУЗе:

– среднее количество баллов за время обучения;

– среднее количество баллов по профессиональным дисциплинам;

– среднее количество пропусков за семестр;

3) результаты изучения дисциплин учебного плана.

Характеристики первой и второй групп непосредственно вычисляются для каждого обучаемого. Параметры третьей группы представляют собой интегральные характеристики, которые рассчитываются по множеству вершин графа дисциплин, связанных дугами и называемых в дальнейшем цепочками.

Фрагмент графа дисциплин, построенного на основе учебного плана направления подготовки 6.010503 «Программная инженерия» ОКР «бакалавр» Института информатики и искусственного интеллекта ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет» представлен на рис. 1.

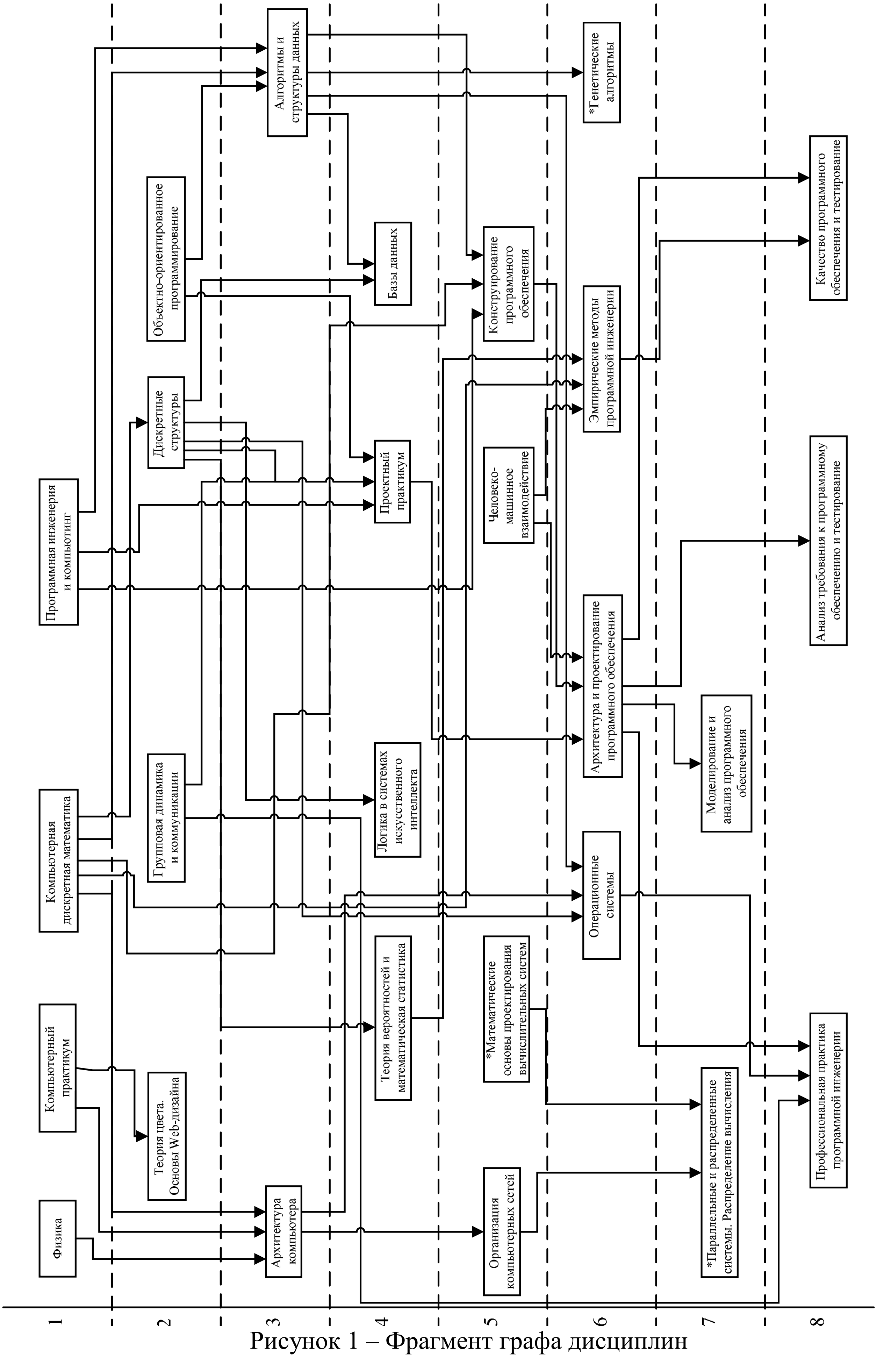


Рисунок 1 – Фрагмент графа дисциплин

Каждой вершине графа ставится в соответствие количество баллов и оценка по шкале ECTS, полученные в результате изучения соответствующей дисциплины. Расчет параметров обучаемого выполняется по каждой цепочке по следующему алгоритму:

1) вычисляется сумма баллов вершин подцепочек, на которых:

− обучаемый показал качественные знания, т.е. получил оценки «A» – «C» по шкале ECTS;

− оценки по шкале ECTS от дисциплины к дисциплине повышаются или остаются на прежнем уровне;

2) полученная сумма умножается на количество вершин подцепочки;

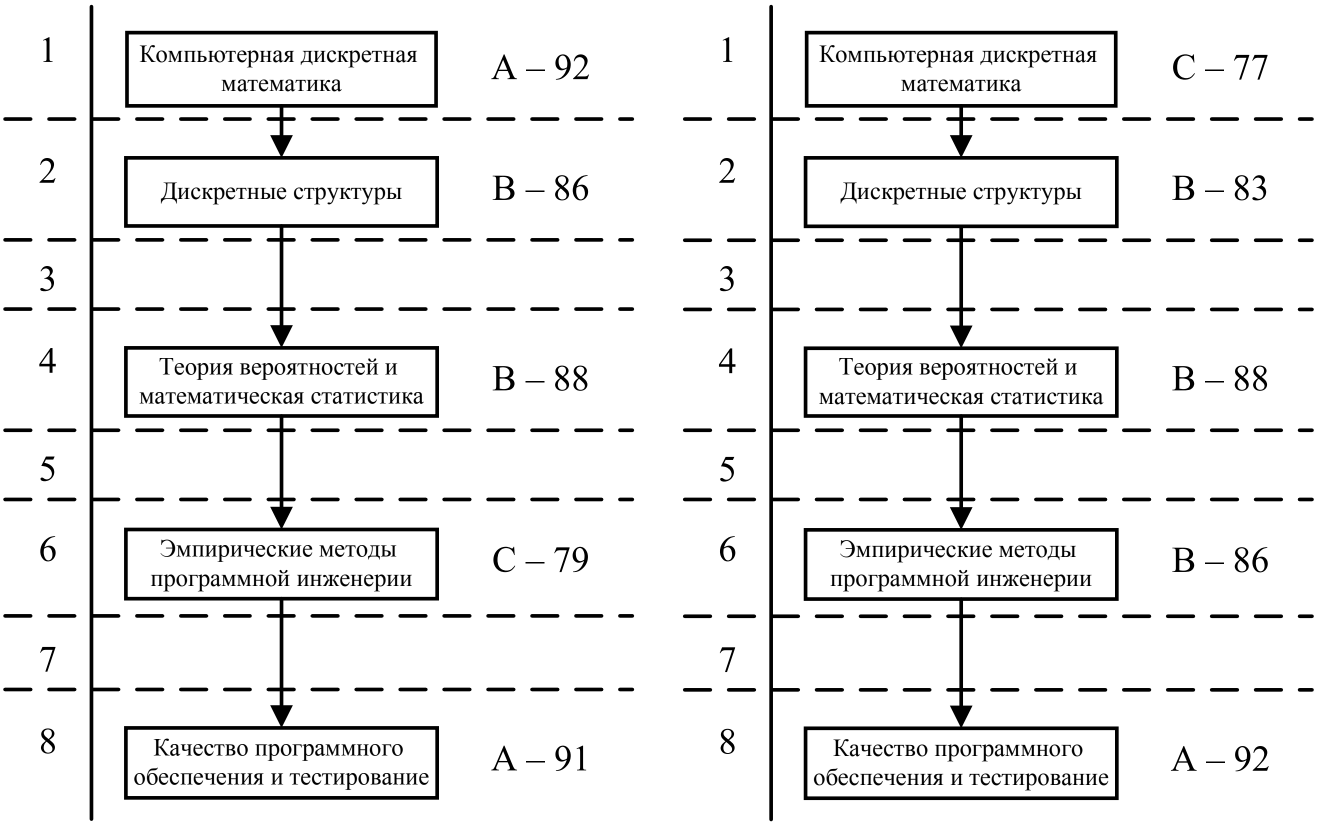
3) выполняется суммирование по всем подцепочкам и полученный результат делится на количество дуг рассматриваемой цепочки.

В результате будет получен некоторый параметр модели обучаемого s_j, характеризующий успеваемость обучаемого по множеству взаимосвязанных дисциплин.

Выполнение расчета параметров модели по всем цепочкам графа дисциплин позволит сформировать множество $OP = \{o_1, o_2, \ldots, o_m\}$ объективных параметров модели обучаемого.

Отметим, что в зависимости от решаемой задачи правила вычисления суммы баллов подцепочек могут изменяться. Так, например, могут учитываться предметы, по которым обучаемый получил положительные оценки («A» – «E» по шкале ECTS) или оценки от дисциплины к дисциплине подцепочки понижаются.

Пример расчета интегральных характеристик приведен на рис. 2.



$$S = 92 \cdot 1 + (86 + 88) \cdot 2 + (79 + 91) \cdot 2 = 780$$

$$P = \frac{780}{4} = 195$$

$$S = (77 + 83 + 88 + 86 + 92) \cdot 5 = 2130$$

$$P = \frac{2130}{4} = 532{,}5$$

Рисунок 2 – Пример расчета интегральных характеристик обучаемого по цепочке графа дисциплин

Выбор предложенных принципов расчета объективных параметров имеет ряд преимуществ, а именно:

1) учитываются только предметы, по которым обучающийся показал качественные знания;

2) существенное увеличение диапазона принимаемых значений параметров позволяет более точно оценить обучаемого и решить проблему описания большого числа обучаемых одинаковым набором значений параметров модели;

3) благодаря умножению суммы баллов подцепочек на их количество возрастает ценность неуменьшения баллов в цепочке, что позволяет оценить целостность и глубину полученных знаний;

4) деление на количество дуг в цепочке позволяет усреднить полученную характеристику (устранить зависимость параметра от количества вершин цепочки).

Применение разработанной модели обучаемого для формирования проектных групп

Разработанная модель и метод расчета объективных параметров обучаемых нашли свое применение в задаче формирования групп для выполнения проектов [10] на примере формирования проектных групп студентов при изучении дисциплины «Проектный практикум», являющейся нормативной по направлению подготовки 6.050103 «Программная инженерия».

Дисциплина «Проектный практикум» подразумевает разделение студентов на группы по 5 человек, выполняющих роли руководителя проекта, аналитика, разработчика, программиста и тестировщика. Каждой группе выдается задание на проектирование системы, список требований и функциональных обязанностей каждого члена группы. Формирование групп обучаемых для выполнения проектного практикума осуществляется в общем случае преподавателем с учетом пожеланий студентов, что не позволяет объективно оценивать каждого обучаемого и формировать оптимальные группы.

Выбор обучаемого на ту или иную роль должен осуществляться исходя из имеющихся у него навыков, знаний, опыта и учитывать личные качества и характеристики. Это обусловлено тем, что люди, работающие в одной группе, выполняют роли двух типов: функциональную и командную. Функциональная роль базируется на профессиональных навыках и практическом опыте, а в основе командной роли лежат личностные данные. Именно поэтому для решения данной задачи может быть использована предложенная в данной работе модель обучаемого, содержащая личностные и профессиональные характеристики.

Для формирования проектных групп выполняется разделение всех студентов на 5 групп, соответствующих имеющимся ролям. Каждая проектная группа формируется путем выбора по одному студенту из каждой группы. Разделение студентов на группы является задачей кластеризации с заданным числом кластеров. Для её решения был выбран алгоритм *k*-средних, являющийся одним из наиболее эффективных алгоритмов кластеризации данных.

Применение предложенного подхода к формированию проектных групп студентов при изучении дисциплины «Проектный практикум» показало, что средний балл (по 100 балльной шкале), полученный студентами групп, сформированных автоматически, на 7,8 больше среднего балла, полученного студентами групп, сформированных преподавателем с учетом пожеланий студентов.

Выводы

В работе рассмотрена задача построения комплексной модели обучаемого для интеллектуального управления процессом обучения. Показано, что для эффективного управления обучением модель обучаемого должна содержать как субъективные (отражающие личностные характеристики), так и объективные (характеризующие исходные знания и результаты обучения) параметры.

В качестве субъективных параметров определены психологические и психофизические особенности обучаемого, оказывающие наибольшее влияние на процесс обучения. Оценивание этих параметров осуществляется преподавателем. Предложен алгоритм вычисления значений субъективных параметров модели на основе рейтинга преподавателей, зависящего от времени общения с обучаемым, методом групповых экспертных оценок.

Предложен метод расчета объективных параметров модели на основе графа дисциплин как интегральных характеристик множества взаимосвязанных дисциплин учебного плана. Каждый объективный параметр соответствует цепочке дисциплин графа. Его значение вычисляется по баллам по шкале ECTS с учетом тенденции изменения баллов в цепочке. Преимуществами предложенного метода являются возможность оценивания качества знаний обучаемого, увеличение точности оценивания знаний, получение параметров на любом этапе обучения.

Эффективность предложенной методики подтверждена на примере решения задачи формирования проектных групп для выполнения студентами комплексного курсового проекта.

Литература

1. Макарова М.В. Реализация кредитно-модульной системы преподавания в вузе с использованием Internet-технологий / М.В. Макарова // Управляющие системы и машины. – 2009. – № 2. – С. 88- 91.
2. Новожилова Т.Н. Технологии индивидуализированного обучения будущих специалистов социокультурного профиля / Т.Н. Новожилова // Вестник МГУКИ. – 2010. – № 4. – С. 164 – 170.
3. The Theory and Practice of Online Learning/ In T. Anderson (Ed.) – [2nd ed.]. – Edmonton: Athabasca University press, 2008. – 474 p.
4. Мазурок Т.В. Синергетическая модель индивидуализированного управления обучением / Т.В. Мазурок // Математичні машини та системи. – 2010. – № 3. – С. 124-134.
5. Лаптев В.В. Формирование оптимальных учебных планов учебного процесса по новым стандартам / В.В. Лаптев, Н.И. Филандыш // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике : сб. статей Всеросс. научно-техн. конф.– Пенза : ПДЗ, 2008. – С. 135-138.
6. Атанов Г.А. Обучение и искусственный интеллект, или Основы современной дидактики высшей школы / Г.А. Атанов, И.Н. Пустынникова. – Донецк : Изд-во ДОУ, 2002. – 504 с.
7. Буль Е.Е. Обзор моделей студента для компьютерных систем обучения / Е.Е. Буль // Educational Technology & Society. – 2003. – № 6(4) – С. 245-250.
8. Нестеренко О.А. Применение индивидуализации процесса обучения в компьютерных обучающих средах / О.А. Нестеренко, М.С. Широкопетлева, Ю.Ю. Черепанова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 5/2 (17). – С. 99-103.
9. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора / Б.Г. Миркин – М. : Наука, 1974. – 256 с.
10. Жуков Ю.М. Технологии командообразования / Ю.М. Жуков, А.В. Журавлев, Е.Н. Павлова. – М. : Аспект Пресс, 2008. – 320 с.

Literatura

1. Makarova M.V. Upravljajushhie sistemy i mashiny. 2009. № 2. S. 88-91.
2. Novozhilova T.N. Vestnik MGUKI. 2010. № 4. S. 164-170.
3. Anderson T. (Ed.). The Theory and Practice of Online Learning. Edmonton: Athabasca University press. 2008. 474 p.

4. Mazurok T.V. Matematychni mashyny ta systemy. 2010. № 3. S. 124-134.
5. Laptev V.V. Problemy informatiki v obrazovanii, upravlenii, jekonomike i tehnike: sb. statej Vseross. nauchno-tehn. konf. Penza: PDZ. 2008. S. 135-138.
6. Atanov G.A. Obuchenie i iskusstvennyj intellekt, ili Osnovy sovremennoj didaktiki vysshej shkoly. Doneck: Izd-vo DOU. 2002. 504 s.
7. Bul' E.E. Educational Technology & Society. 2003. № 6(4). S. 245-250.
8. Nesterenko O.A. Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. 2005. № 5/2 (17). S. 99-103.
9. Mirkin B.G. Problema gruppovogo vybora. M.: Nauka. 1974. 256 s.
10. Zhukov Ju.M. Tehnologii komandoobrazovanija. M.: Aspekt Press. 2008. 320 s.

A.S. Barashko, E.V. Volchenko, E.P. Yuditskaya

Educant Model Building on the Basis of the Graph of Disciplines for Intellectual Learning Management

In the work, technics for educant model building, which consists of objective and subjective parameters, is considered. Psychological and psychophysical features of an educant with the greatest impact on learning were defined as the set of subjective parameters. The estimation of these parameters is carried out by the teacher. The algorithm for calculation of subjective parameters values based on the rating of teachers by the method of group expert assessment is offered. The method for calculation of objective parameters values based on the graph of disciplines, such as integral descriptions of great number of interrelated disciplines of curriculum, is proposed. Each objective parameter corresponds to the chain of graph of disciplines. Its value is calculated by marks on ECTS with the considering tendency of mark change in the chain. Advantages of the offered method are the possibility of assessment of quality of student's knowledge, the increasing of assessment of knowledge, the calculation of parameters at any grade level. Efficiency of the offered technics is proved by solving the problem of alignment of student's groups for performance of complex course project.

Статья поступила в редакцию 02.12.2011.